

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-129278

(P2002-129278A)

(43) 公開日 平成14年5月9日 (2002.5.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 A 4 E 0 0 4
	3 0 2		3 0 2 Z
B 2 2 D 11/00		B 2 2 D 11/00	A
			G
11/108		11/108	C
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-321652(P2000-321652)

(22) 出願日 平成12年10月20日 (2000.10.20)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 大村 朋彦

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(74) 代理人 100103481

弁理士 森 道雄 (外1名)

Fターム(参考) 4E004 MB14 NB04

(54) 【発明の名称】 高C r 鋼鋳片および継目無鋼管

(57) 【要約】

【課題】 鋳造ままで中心部にポロシティや割れの極めて少ないC r を1%以上含有する高C r 鋼の鋳片と、内面に疵のない内面性状の良好な高C r 鋼の継目無鋼管との提供。

【解決手段】 質量%でC : 0.001~0.3%、S i : 0.1~1%、M n : 0.1~5%、P : 0.04%以下、S : 0.01%以下、C r : 1%~30%、A l : 0.001~0.1%、O (酸素) : 0.1%以下、N : 0.5%以下、さらに、N i、M o、W、C u、N b、T i、Z r およびVを必要により含有し、残部はF e および不純物からなり、さらに下記式(1)を満たし、金属組織が5体積%以上のフェライト相を有する高C r 鋼鋳片および継目無鋼管。

$$Cr+3Mo+Nb+4V+7-(190C+120N+4Ni+8Cu+4Si+12Al+2W) \geq 0$$

【特許請求の範囲】

【請求項1】質量%でC：0.001～0.3%、Si：0.1～1%、Mn：0.1～5%、P：0.04%以下、S：0.01%以下、Cr：1%～30%、Al：0.001～0.1%、O（酸素）：0.1%以下、N：0.5%以下を含み、Ni：0.5%～10%とCu：0.1%～5%の1種または2種を含有し、残部はFeおよび不純物からなり、さらに下記式（1）を満たし、金属組織が5体積%以上のフェライト相を有することを特徴とする高Cr鋼鋳片。

$$\text{Cr}+7-(190\text{C}+120\text{N}+4\text{Ni}+8\text{Cu}+4\text{Si}+12\text{Al})\geq 0 \quad (1)$$

ここで、式中の元素記号は各元素の含有量（質量%）を示すものとする

【請求項2】質量%でC：0.001～0.3%、Si：0.1～1%、Mn：0.1～5%、P：0.04%以下、S：0.01%以下、Cr：1%～30%、Al：0.001～0.1%、O（酸素）：0.1%以下、N：0.5%以下を含み、Mo：0.1%～5%と

$$\text{Cr}+3\text{Mo}+7-(190\text{C}+120\text{N}+4\text{Ni}+8\text{Cu}+4\text{Si}+12\text{Al}+2\text{W})\geq 0 \quad (3)$$

ここで、式中の元素記号は各元素の含有量（質量%）を示すものとする

【請求項4】Feの一部に代えて、質量%でNb：0.005～0.1%、Ti：0.0005～0.1%、Zr：0.005～0.1%、V：0.005～0.5%と

$$\text{Cr}+3\text{Mo}+\text{Nb}+4\text{V}+7-(190\text{C}+120\text{N}+4\text{Ni}+8\text{Cu}+4\text{Si}+12\text{Al}+2\text{W})\geq 0 \quad (4)$$

ここで、式中の元素記号は各元素の含有量（質量%）を示すものとする

【請求項5】Feの一部に代えて、質量%でCa：0.0002～0.005を含有していることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の高Cr鋼鋳片。

【請求項6】請求項1～5のいずれかに記載の化学組成からなる高Cr鋼継目無鋼管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、中心部にポロシティおよび割れが極めて少ない鋳片と、内面性状の良好な継目無鋼管に関し、特に鋳片は連続鋳造により丸ビレット鋳片とすることにより継目無鋼管の素材として好適である。

【0002】

【従来の技術】継目無鋼管の製造には、連続鋳造したブルーム等の矩形鋳片を加熱した後、分塊圧延して製造した丸ビレットを用いるか、または連続鋳造により直接製造した丸ビレット鋳片を素材として用いるのが一般的である。

【0003】近年、製造コストを下げる目的で、炭素鋼や低Cr鋼では連続鋳造したままの丸ビレット鋳片を素材として用いるようになった。

【0004】一方で、Cr鋼やステンレス鋼は鋳造ままのビレット状態では中心部にポロシティや割れが多く発

生することが知られている。そのようなポロシティや割れを多く含む丸ビレット鋳片をそのまま継目無鋼管の素材として用いた場合、製管時に内面疵が多く発生し、そのままでは製品とならない。したがって、連続鋳造したブルーム等を加熱し、その後分塊圧延によって大きな加工を加えてポロシティや割れを圧着させて消滅させた丸ビレットを素材として用いる方法が一般的である。

$$\text{Cr}+3\text{Mo}+7-(190\text{C}+120\text{N}+4\text{Si}+12\text{Al}+2\text{W})\geq 0 \quad (2)$$

ここで、式中の元素記号は各元素の含有量（質量%）を示すものとする

【請求項3】質量%でC：0.001～0.3%、Si：0.1～1%、Mn：0.1～5%、P：0.04%以下、S：0.01%以下、Cr：1%～30%、Al：0.001～0.1%、O（酸素）：0.1%以下、N：0.5%以下を含み、Ni：0.5%～10%とCu：0.1%～5%の1種または2種、さらにMo：0.1%～5%とW：0.1～5%の1種または2種を含有し、残部はFeおよび不純物からなり、さらに下記式（3）を満たし、金属組織が5体積%以上のフェライト相を有することを特徴とする高Cr鋼鋳片。

のうち1種、または2種以上を含有し、さらに式（1）～（3）に代えて下記式（4）を満たしていることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の高Cr鋼鋳片。

生することが知られている。そのようなポロシティや割れを多く含む丸ビレット鋳片をそのまま継目無鋼管の素材として用いた場合、製管時に内面疵が多く発生し、そのままでは製品とならない。したがって、連続鋳造したブルーム等を加熱し、その後分塊圧延によって大きな加工を加えてポロシティや割れを圧着させて消滅させた丸ビレットを素材として用いる方法が一般的である。

【0005】例えば、特開平5-7990号公報では、ブルームの連続鋳造に際して寸法と鋳造温度を管理して鋳造し、その後丸ビレットに圧下比が3.1以上の分塊圧延を施すことにより、ポロシティを消滅させる方法が開示されている。

【0006】また、近年では、連続鋳造モールドの後工程に圧下設備を設け、再加熱を行わずに連続鋳造後に連続して圧下を加え、ポロシティを消滅させる方法が開発されつつある。

【0007】例えば、特開平10-146651号、特開平10-249490号、特開平10-328800号の各公報には、未凝固部が中心部に存在する状態の時にロールにより圧下を施す方法である未凝固圧下法により、鋼種を問わずポロシティや割れを消滅させる方法が開示されている。

【0008】また、特開平9-174211号、特開平9-174212号、特開平9-201601号、特開平9-300053号、特開平10-29001号、特

開平10-34201号、特開平10-34304号、特開平10-166124号および特開平10-175049号等の各公報では、連続鋳造中もしくは連続鋳造直後にロールにて圧下を施すことにより、0.5%以上のCrを含有する鋼でも、ポロシティを消滅させることのできる方法が開示されている。

【0009】上記のような圧下設備を設ければ、丸ビレット鋳片の中心部に生ずるポロシティや割れを消滅させることができるものの、いずれも高額の大型設備を必要とする問題点がある。

【0010】一方で、すべてのCr鋼でポロシティや割れが発生することを前提として上記の設備面の対策はなされているが、低Cr鋼のようなポロシティや割れの発生しにくい鋼種もあり、その場合は大型の圧下設備は不要となる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、鋳造ままで中心部にポロシティや割れが極めて少ないCrを1%以上含有する高Cr鋼の鋳片と、内面疵がほとんどない内面性状の良好な高Cr鋼継目無鋼管とを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、化学組成および金属組織を調整することにより連続鋳造時のポロシティや割れを抑制する方法について鋭意実験、検討した結果、以下の知見を得るに至った。

【0013】a) ポロシティの発生機構は、液相から固相に凝固する際の、凝固収縮による空孔の発生である。最密充填構造のfcc(面心立方晶)構造のオーステナイト組織で凝固させるよりも、粗なbcc(体心立方晶)構造のフェライト組織で凝固させる方が、凝固時の収縮の度合いが小さく、ポロシティ発生も少ない。凝固時にフェライト組織となるように、フェライトフォームの諸元素とオーステナイトフォームの諸元素とを下記式を満足するようにバランスを保って含有させれば、化学組成の調整によりポロシティの発生が抑制できる。

【0014】

$$\text{Cr}+3\text{Mo}+\text{Nb}+4\text{V}+7-(190\text{C}+120\text{N}+4\text{Ni}+8\text{Cu}+4\text{Si}+2\text{W}+12\text{Al})\geq 0$$

b) 割れの発生機構は、粗なbcc(体心立方晶)構造のフェライト組織で凝固した後、さらに最密充填構造のfcc(面心立方晶)構造にマッシュ変態した場合に、オーステナイト相間にS等の不純物元素が偏析することにより起こる変態割れである。ここで、変態時に完全にオーステナイト相に変態させずに、Sの固溶度が大きく

$$\text{Cr}+3\text{Mo}+7-(190\text{C}+120\text{N}+4\text{Ni}+8\text{Cu}+4\text{Si}+12\text{Al}+2\text{W})\geq 0 \quad (3)$$

ここで、式中の元素記号は各元素の含有量(質量%)を示すものとする

4) Feの一部に代えて、質量%でNb:0.005~0.1%、Ti:0.0005~0.1%、Zr:0.005~0.1%、V:0.005~0.5%のうち1

軟化相であるフェライト相を残留させることにより、S吸収によるオーステナイト相関のS偏析の軽減と、応力吸収による変態時の応力緩和により、割れの発生を防止できる。

【0015】本発明はこのような知見に基づきなされたもので、その要旨は以下の1)~6)にある。

【0016】1) 質量%でC:0.001~0.3%、Si:0.1~1%、Mn:0.1~5%、P:0.04%以下、S:0.01%以下、Cr:1%~30%、Al:0.001~0.1%、O(酸素):0.1%以下、N:0.5%以下を含み、Ni:0.5%~10%とCu:0.1%~5%の1種または2種を含有し、残部はFeおよび不純物からなり、さらに下記式(1)を満たし、金属組織が5体積%以上のフェライト相を有する高Cr鋼鋳片。

【0017】

$$\text{Cr}+7-(190\text{C}+120\text{N}+4\text{Ni}+8\text{Cu}+4\text{Si}+12\text{Al})\geq 0 \quad (1)$$

ここで、式中の元素記号は各元素の含有量(質量%)を示すものとする

2) 質量%でC:0.001~0.3%、Si:0.1~1%、Mn:0.1~5%、P:0.04%以下、S:0.01%以下、Cr:1%~30%、Al:0.001~0.1%、O(酸素):0.1%以下、N:0.5%以下を含み、Mo:0.1%~5%とW:0.1~5%の1種または2種を含有し、残部はFeおよび不純物からなり、さらに下記式(2)を満たし、金属組織が5体積%以上のフェライト相を有する高Cr鋼鋳片。

【0018】

$$\text{Cr}+3\text{Mo}+7-(190\text{C}+120\text{N}+4\text{Si}+12\text{Al}+2\text{W})\geq 0 \quad (2)$$

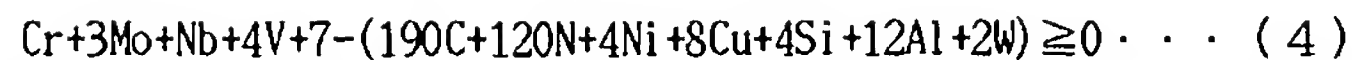
ここで、式中の元素記号は各元素の含有量(質量%)を示すものとする

3) 質量%でC:0.001~0.3%、Si:0.1~1%、Mn:0.1~5%、P:0.04%以下、S:0.01%以下、Cr:1%~30%、Al:0.001~0.1%、O(酸素):0.1%以下、N:0.5%以下を含み、Ni:0.5%~10%とCu:0.1%~5%の1種または2種、さらにMo:0.1%~5%とW:0.1~5%の1種または2種を含有し、残部はFeおよび不純物からなり、さらに下記式(3)を満たし、金属組織が5体積%以上のフェライト相を有する高Cr鋼鋳片。

【0019】

種、または2種以上を含有し、さらに式(1)~(3)に代えて下記式(4)を満たしている上記1)~3)のいずれかに記載の高Cr鋼鋳片。

【0020】



ここで、式中の元素記号は各元素の含有量（質量％）を示すものとする

5) Feの一部に代えて、質量％でCa: 0.0002～0.005を含有している上記1)～4)のいずれかに記載の高Cr鋼鋳片。

【0021】6) 上記1)～5)のいずれかに記載の化学組成からなる高Cr鋼継目無鋼管。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明において化学組成を規定した理由について説明する。なお、化学組成の含有量の％表示はすべて質量％とする。

【0023】C: 0.001～0.3％

Cは、鋼の焼入れ性を向上させるのに有効である。この効果を得るには、0.001％以上含有させる必要がある。しかし0.3％を超えて含有させると、焼入れ時に焼割れが起こり易くなる。また、Cr炭化物を多く形成し、耐食性向上に有効なCrを吸収し耐食性劣化が著しくなる。このため、C含有量は0.3％以下とした。

【0024】Si: 0.1～1％

Siは、鋼の焼入れ性を向上させるのに有効である。この効果を得るためには、0.1％以上含有させる必要がある。しかし、1％を超えて含有させると、結晶粒界の強度を弱め、靱性を低下させることがある。このため、Si含有量の上限は1％とした。

【0025】Mn: 0.1～5％

MnもSiと同様に鋼の焼入れ性を向上させるのに有効である。この効果を得るためには0.1％以上含有させる必要がある。しかし、5％を超えて含有させると、結晶粒界の強度を弱め、靱性を低下させることが多い。このため、Mn含有量の上限は5％とした。

【0026】P: 0.04％以下

Pは、不純物として鋼中に不可避免的に存在するが、粒界に偏析して靱性を劣化させる。特に、その含有量が0.04％を超えると、靱性の低下が著しくなるので、その含有量は0.04％以下にする必要がある。なお、靱性を高めるためにPの含有量はできるだけ低くすることが望ましい。

【0027】S: 0.01％以下

Sは、Pと同様に不純物として鋼中に不可避免的に存在するが、粒界に偏析して鋳造時に割れを起こしやすくなる。特に、その含有量が0.01％を超えると、割れが起こり易くなるので、S含有量は0.01％以下にする必要がある。なお、Sの含有量はできるだけ低くすることが望ましい。

【0028】Cr: 1～30％

Crは、耐食性、特に高温の炭酸ガス腐食に対する耐食性を高める元素である。この効果を得るためには、少なくとも1％以上含有させる必要である。一方で、過剰に含有させると耐食性の改善効果が飽和するのに加え、素

材のコスト上昇を招いて経済性の観点からも望ましくないことから、その上限を30％とした。

Al: 0.001～0.1％

Alは、鋼の脱酸に有効である。この効果を得るためには0.001％以上含有させる必要がある。しかし0.1％を超えて含有させると、粗大なAl系介在物が多くなって耐食性が低下することがあるので望ましくない。したがって、その上限を0.1％とした。ここで、Alとは所謂「sol. Al（酸可溶Al）」のことである。

【0029】O（酸素）: 0.1％以下

O（酸素）は、不純物として鋼中に存在し、その含有量が0.1％を超えると靱性が低下することが多い。したがって、その上限を0.1％とした。なお、Oの含有量は低ければ低いほど望ましい。

【0030】N: 0.5％以下

Nは、Niと同様にオーステナイト相の安定度を高め、その結果マルテンサイト率を高める効果がある。この効果を得るためには、0.1％以上含有させるのがよい。一方で、過剰の含有させると熱処理や溶接によっては鋼中にCr窒化物を形成し耐食性を低下させることが多いため、その上限を0.5％とした。

【0031】Ni: 0.5％～10％、Cu: 0.1％～5％の1種または2種

Ni、Cuを含有させる場合、Cr量は11％程度以上と高するのがよく、特に靱性が要求される用途に適している。

【0032】Niは、オーステナイト相の安定度を高め、その結果マルテンサイト率を高める効果がある。また、靱性を高める効果もある。これらの効果を得るためには、0.5％以上含有させる必要がある。一方で、過剰に含有させると素材のコスト上昇を招いて経済性の観点から望ましくないため、その上限を10％とした。

【0033】Cuは、Niと同様にオーステナイト相の安定度を高める効果、および耐食性、特に湿潤硫化水素環境中での耐硫化物応力割れ性を高める効果がある。これらの効果を得るには0.1％以上含有させる必要がある。また一方、5％を超えて含有させると、耐食性の改善効果が飽和するのに加え、素材のコスト上昇を招いて経済性を損なうため、その上限を5％とした。

【0034】Mo: 0.1～5％、W: 0.1～5％の1種または2種

Mo、Wを含むCr鋼は、耐孔食性や耐硫化物応力割れ性の要求される用途に適している。Moは、耐食性、特に耐孔食性や湿潤硫化水素環境中での耐硫化物応力割れ性を高める効果がある。この効果を得るには0.1％以上含有させる必要がある。一方、5％を超えて含有させると、耐食性の改善効果が飽和するのに加え、素材のコスト上昇を招いて経済性を損なうため、その上限を5％

とした。

【0035】Wは、Moと同様に耐孔食性を高める効果がある。この効果を得るには0.1%以上含有させる必要がある。一方、5%を超えて含有させると、耐食性の改善効果が飽和するのに加え、素材のコスト上昇を招いて経済性を損なうため、その上限を5%とした。

【0036】Nb: 0.005%~0.1%、Ti: 0.0005~0.1%、Zr: 0.005~0.1% およびV: 0.005~0.5%のうちの1種以上これらの元素を含むCr鋼は、靱性に優れている。

【0037】Nbは、微細な炭化物を形成し、組織を微細化させ靱性を改善する効果がある。この効果を得るためには、0.005%以上含有させる必要がある。一方、0.1%を超えて含有させるとその効果が飽和するのに加え、過剰な微細炭化物が却って靱性を低下させることがある。したがって、その上限を0.1%とした。

【0038】Ti: 0.005~0.1%

Tiは、鋼中の不純物であるNをTiNとして固定する効果がある。また、Nbと同様に微細な炭窒化物を形成し、組織を微細化し靱性を改善する効果もある。この効果を得るためには、0.005%以上含有させる必要がある。しかし、0.1%を超えて含有させるとこれらの効果が飽和するのに加え、過剰な微細炭窒化物が却って靱性を低下させることがある。したがって、その上限を0.1%とした。

【0039】Zr: 0.005~0.1%

ZrはTiと同様に鋼中の不純物であるNをZrNとして固定する効果がある。また、NbやTiと同様に微細な炭窒化物を形成し、組織を微細化し靱性を改善する効果がある。この効果を得るためには、0.005%以上含有させる必要がある。しかし、0.1%を超えて含有させるとその効果が飽和するのに加え、過剰な微細炭窒化物が却って靱性を低下させることがある。したがって、その上限を0.1%とした。

【0040】V: 0.005~0.5%

Vは、Nbと同様に微細な炭化物を形成し、組織を微細化させ靱性を改善する効果がある。この効果を得るためには、0.005%以上含有させる必要がある。一方、0.5%を超えて含有させるとその効果が飽和するのに加え、過剰な微細炭化物が却って靱性を低下させることがある。したがって、その上限を0.5%とした。

【0041】上記のように靱性を改善するには、Nb、Ti、ZrおよびVの1種以上含有させる。

【0042】Ca: 0.0002~0.005%

Caは、鋼の脱硫に有効である。この効果を得るためには、0.0002%以上含有させる必要がある。しかし、0.005%を超えて含有させると、粗大なCa系介在物が多くなって耐食性が低下することがある。したがって、その上限を0.005%とした。

【0043】 $Cr+3Mo+Nb+4V+7-(190C+120N+4Ni+8Cu+4Si+$

$2W+12Al)\geq 0$:

casting後のポロシティ発生を抑制するためには、凝固形態に影響するCr、Mo、Nb、V、C、N、Ni、Cu、Si、WおよびAlの含有量が下式の関係を満たした化学組成に調整する必要がある。

【0044】

$Cr+3Mo+Nb+4V+7-(190C+120N+4Ni+8Cu+4Si+2W+12Al)\geq 0$
鋼材組成が上式を満たさない場合、凝固時にフェライト-オーステナイト組織で凝固し、ポロシティが発生し易くなるからである。なお、Ni、Cu、W、Mo、NbおよびV等の元素を含有しない鋼の場合、上記式からそれらの元素の項を除外した式となる。

金属組織: 変態時に完全にオーステナイト相に変態させずに、Sの固溶度が大きく軟化相であるフェライト相を残留させることにより、S吸収によるオーステナイト相間のS偏析の軽減と、応力吸収による変態時の応力緩和により、割れの発生を防止できる。

【0045】 casting後の割れ発生を抑制するためには、少なくとも体積率で5%以上のフェライト相を含有させる必要がある。フェライト相が体積率で5%未満の場合、鋳片の中心部に割れが発生し、継目無製管時の疵発生の原因となる。フェライト相の上限は特に限定しないが、一般的な大径の継目無鋼管として要求される強度を確保するために、50%以下が望ましい。金属組織は、フェライト相以外にはマルテンサイト相もしくはオーステナイト相と、炭化物、窒化物、酸化物等の非金属介在物を含む。

【0046】また、フェライト相を5%以上にするには、フェライト生成元素であるCrやMo、NbおよびVを、オーステナイト生成元素であるC、N、Ni、Cu、Si、AlおよびWに比べ多く添加すれば良く、さらに冷却過程で十分にフェライト相が生成するように遅い速度で冷却されるよう鋳込みをおこなうのが望ましい。

【0047】ここで、フェライト相の体積率は、以下に述べる点算法により算出したものとする。すなわち、ミクロ組織を100倍の顕微鏡写真(7.3cm×9.5cm)で5視野撮影し4倍に拡大し、5mmピッチで升目を写真に書いて、格子点がフェライト相中にあれば1点、マルテンサイト相中にあれば0点、フェライト相とマルテンサイト相の境界にあれば0.5点として全格子点について調べて合計点を算出し、その合計点を全格子点数で割って求める。

【0048】上記のように化学組成と金属組織とを調整すれば、インゴット鋳造、連続鋳造等の鋳造方法に関わらず、ポロシティや割れの無い鋳片を得ることができる。

【0049】特に連続鋳造丸ビレット鋳片として、鋳造後再加熱、分塊圧延工程を経ずに直接傾斜圧延機により圧延して製造する継目無鋼管の素材として用いるのが最

も好適である。この場合の連続鑄造方法や、鑄片の寸法や鑄造速度等の鑄造条件は特に規定されず、通常の方法に従えば良い。また、連続鑄造中や鑄造後に連続して水冷や圧下を加えても差し支えない。

【0050】また、ブルームやスラブ等の矩形素材の連続鑄造に適用してもポロシティや割れの抑制効果が得られ、以後の加熱、分塊条件を厳しく規定し、ポロシティや割れを圧着、消滅させる必要が無くなる。

【0051】上述のように、本発明の鑄片は丸ビレット鑄片とし、それを素材として傾斜圧延機にて継目無鋼管を製造するれば、内面疵や割れの無い継目無鋼管が得られる。

【0052】継目無鋼管の製造方法は、継目無製管法は

特に規定されず、プラグミル方式やマンドレルミル方式等の通常の方法に従って、穿孔、圧延、延伸、定径の工程により製管すればよい。

【0053】

【実施例】（実施例1）表1に示す29種の化学組成のCr鋼を各25kg真空溶解し、直径100mmの丸鑄片に鑄造した。

【0054】各鑄片を縦方向に切断し、その切断面を観察し目視で最大のポロシティ又は割れを選定し、それをサンプリングして表面を研磨して光学顕微鏡にて最大長さを測定した。

【0055】

【表1】

表1

鋼記号	化学組成 (質量%)、残部: Fe 及び不純物														S値 計算式	フェライト 率 (%)	ポロシティ 最大径 (mm)	割れ 長さ (mm)	区分
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Nb	Ti	V	0	N	その他			
A	0.271	0.20	0.56	0.015	0.002	1.02	-	0.75	-	0.020	0.035	0.016	0.210	0.0041	0.0021	Ca:0.0018	-41.64*	0*	18
B	0.105	0.23	0.39	0.004	0.002	2.98	-	-	-	0.031	0.015	-	-	0.0032	0.0039	Ca:0.0018	-11.91*	0*	13
C	0.008	0.45	1.05	0.003	0.001	3.01	-	2.06	-	0.021	0.013	-	-	0.0021	0.0046	Zr:0.0031	8.06	9	0
D	0.009	0.22	0.45	0.005	0.001	5.04	1.03	-	-	0.022	0.012	0.016	-	0.0022	0.0041	-	4.59	8	0
E	0.051	0.19	1.06	0.002	0.002	5.03	-	-	-	0.033	-	0.013	-	0.0033	0.0033	-	0.79	0*	6
F	0.122	0.21	0.39	0.003	0.003	8.02	-	1.02	-	0.020	-	-	0.045	0.0019	0.0015	-	-5.18*	0*	3
G	0.008	0.23	1.21	0.014	0.004	8.99	1.08	-	-	0.004	-	-	-	0.0041	0.0039	-	8.71	11	6
H	0.008	0.25	1.22	0.008	0.003	11.01	1.79	0.26	-	0.005	-	0.008	0.037	0.0021	0.0034	-	8.79	0*	3
I	0.007	0.24	4.46	0.014	0.002	11.08	-	1.09	-	0.022	0.034	0.009	0.046	0.0022	0.0029	Ca:0.0011	18.67	29	0
J	0.004	0.22	0.43	0.004	0.002	12.49	6.34	2.46	-	0.032	0.016	0.079	0.046	0.0032	0.0031	-	-0.69*	0*	3
K	0.008	0.29	2.08	0.014	0.003	12.56	1.97	3.09	-	0.022	0.008	0.016	0.032	0.0032	0.0018	Ca:0.0014	17.95	38	0
L	0.005	0.22	1.18	0.015	0.002	12.48	2.05	1.06	0.51	0.003	-	-	-	0.0034	0.0011	Zr:0.0032	4.24	22	0
M	0.178	0.41	1.41	0.018	0.008	12.98	-	-	-	0.005	-	0.011	0.044	0.0041	0.0039	-	-15.83*	6	0
N	0.008	0.21	4.41	0.004	0.001	13.05	-	2.48	-	0.023	-	-	-	0.0011	0.0018	Ca:0.0012	24.54	35	0
O	0.051	0.23	2.41	0.014	0.007	13.11	1.98	-	-	0.004	0.015	-	0.030	0.0034	0.0021	-	-4.59*	0*	2
P	0.009	0.31	0.45	0.009	0.003	14.08	4.01	3.08	-	0.003	-	0.010	0.043	0.0021	0.0023	Ca:0.0015	11.19	27	0
Q	0.055	0.21	0.41	0.005	0.002	13.98	3.02	4.07	-	0.008	-	-	-	0.0022	0.0041	-	9.23	33	0
R	0.008	0.23	0.43	0.003	0.005	14.09	-	0.71	-	0.020	-	-	-	0.0032	0.0031	-	20.17	27	0
S	0.005	0.21	0.46	0.005	0.001	15.03	1.16	-	-	0.023	-	-	-	0.0028	0.0022	Ca:0.0013	15.06	25	0
T	0.051	0.43	1.20	0.003	0.003	15.01	2.04	-	2.10	0.021	-	-	0.039	0.0031	0.0041	-	-14.95*	16	0
U	0.009	0.34	4.09	0.002	0.001	15.14	3.07	0.75	-	0.019	-	0.016	0.040	0.0045	0.0029	-	8.62	18	0
V	0.008	0.22	0.42	0.009	0.002	16.43	5.06	3.04	-	0.023	-	-	-	0.0074	0.0039	Ca:0.0017	9.17	31	0
W	0.007	0.36	0.45	0.013	0.004	16.49	4.11	-	-	0.019	0.011	-	0.045	0.0041	0.0028	Ca:0.0011	3.91	22	0
X	0.053	0.45	2.08	0.004	0.005	18.04	3.05	1.56	-	0.021	-	-	-	0.0039	0.0034	-	4.99	32	0
Y	0.009	0.21	0.48	0.002	0.001	18.06	5.09	-	-	0.003	0.012	0.013	0.043	0.0032	0.0013	-	-3.86*	0*	14
Z	0.008	0.15	1.52	0.018	0.002	26.70	5.02	4.58	0.45	0.023	0.016	0.015	0.040	0.0036	0.1216	-	0.79	46	0
1	0.005	0.21	0.44	0.004	0.001	12.54	6.31	2.51	-	0.031	0.015	0.081	0.043	0.0041	0.0051	-	-0.78*	0*	5
2	0.009	0.31	2.11	0.015	0.003	12.51	2.08	3.04	-	0.021	0.11	0.015	0.034	0.0042	0.0055	Ca:0.0011	16.60	35	0
3	0.005	0.20	1.08	0.013	0.004	12.45	2.08	0.99	0.49	0.008	-	-	-	0.0051	0.0068	Zr:0.0031	3.37	18	0

S値=Cr-3Mo+4Nb+4V+7-(190C+120W+4Ni+8Cu+4Si+2Mn+12Al)

* 本発明で規定する範囲外を示す

発: 本発明例、 比: 比較例

その後、研磨面を腐食後、点算法により、組織中のフェライト相の体積分率を測定し、その結果を表1に併記した。

【0056】表1から明らかなように、ポロシティの発生は前記(1)～(4)式の左辺で算出されるS値に一義的に依存し、S値が0以上の場合にポロシティの発生が抑制されている。また、割れの発生はフェライト率に一義的に依存し、フェライト率が5%以上では割れの発生が抑制されている。ポロシティと割れの両者を同時に抑制するには、S値とフェライト率の両者を本発明の条件内に満足させなければならないことがわかる。

【0057】(実施例2)表2に示す鋼1～3の化学組成に調整して3鋼種溶製し、連続鋳造により直径190mmの丸ビレット鋳片とし、傾斜ロール穿孔圧延機で穿孔圧延して外径180mm、肉厚16mm、長さ7000mmの素管とした。それぞれ潤滑材を塗布したマンドレルバーを素管内に挿入し、7スタンドからなるマンドレルミルを用いて外径151mm、肉厚5mm、長さ25300mmの仕上げ圧延用素管に延伸圧延した。

【0058】引き続いて26スタンドからなるストレッチデューサーで仕上げ圧延し、外径63.5mm、肉厚7mm、長さ40000mmの鋼管に仕上げた。

【0059】この鋼管を長さ方向に切断し、酸洗して表面の酸化スケールを除去し、内表面を観察し疵の発生を調べた。その結果、本発明で規定する条件を満たしている2鋼、3鋼では内面疵は観察されなかった。一方、比較鋼の1鋼には、ポロシティもしくは割れに起因した内面疵が多数観察された。

【0060】また、鋼管を縦方向に切断し、それをサンプリングして表面を研磨、腐食し、組織中のフェライト

相の体積分率を調べた。フェライト相の体積分率は、実施例1で鋳造後に観察された値と同値であった。

【0061】

【発明の効果】本発明によれば、鋳造ままでポロシティおよび割れが極めて少ない高Cr鋼鋳片が得られ、継目無製管用の連続鋳造丸ビレット鋳片として用いることができ、連続鋳造中もしくは鋳造後の圧下が不要となり、設備費、製造コスト低減に大きな効果がある。

フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷
C 2 2 C 38/58

識別記号

F I
C 2 2 C 38/58

(参考)